

## ICT建機の施工履歴データを用いた3次元モデルの生成・活用技術に関する研究

著者	今井 龍一
雑誌名	科学研究費助成事業 研究成果報告書
ページ	1-9
発行年	2020-06-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10114/00024400">http://hdl.handle.net/10114/00024400</a>

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：3 2 6 7 5

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：1 7 K 0 6 5 1 7

研究課題名（和文）ICT建機の施工履歴データを用いた 3 次元モデルの生成・活用技術に関する研究

研究課題名（英文）Study on 3D Model Generation and Utilization Technology by using Construction History Data of ICT Construction Machinery

研究代表者

今井 龍一（Ryuichi, Imai）

法政大学・デザイン工学部・准教授

研究者番号：9 0 5 9 9 1 4 3

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000 円

研究成果の概要（和文）：国土交通省では、i-Constructionを推進しており、主に調査、設計、施工における3次元の点群データの具体的な活用方策を示している。特に、出来形管理では、点群データの活用によって、従来の2次元ではなく、3次元の形状比較による出来形管理が可能となった。一方、点群データの取得は、UAVやLS等の新たな測量機器による計測が前提であり、センサを搭載した建設機器の施工履歴データは、時系列の3次元座標を保持するにも関わらず一部の適用に留まっており、維持管理での活用方策も示されていない。本研究は、この施工履歴データに着目し、施工履歴データの出来形管理への適用可能性を明らかにするものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、一過性かつ一部の利用に留まっていた施工履歴データに着目した。i-Constructionの推進によって、3次元形状の計測や情報化施工の導入が活発化し、点群データや施工履歴データの流通が飛躍的に進むと予想される。i-Construction以前の情報化施工も含む既存資産の最大活用を図ることで、「ICTの全面的な活用」による建設生産プロセスの全体最適化の早期実現に繋がる。出来形管理に施工履歴データを適用できると、施工履歴データを取得した工事では構造物の計測の省力化が実現する。その結果、MC/MGの導入による発現効果も大きくなり、出来形管理における3次元点群データの活用にも寄与する。

研究成果の概要（英文）：The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) has been promoting i-Construction, and has presented concrete measures to utilize three-dimensional point cloud data, mainly in survey, design and construction. In particular, the use of point cloud data has enabled us to control the shape of a product by comparing its shape in three dimensions instead of the conventional two dimensions. On the other hand, the acquisition of point cloud data is a prerequisite for the measurement by new surveying instruments such as UAV and LS, and the construction history data of the construction equipment equipped with the sensor is only partially applied, even though it maintains the three-dimensional coordinates of the time series. This study focuses on the construction history data and clarifies the applicability of the construction history data to form control.

研究分野：都市交通、測量・計測、土木情報学

キーワード：i-Construction 施工履歴データ 3次元モデル

## 1. 研究開始当初の背景

我が国の建設現場の抜本的な生産性向上を図るため、国土交通省は平成 28 年度を「生産性革命元年」と位置づけて、「ICT の全面的な活用」、「全体最適の導入」および「施工時期の平準化」の 3 つの視点のトップランナー施策を設定した i-Construction を推進している。i-Construction の「ICT の全面的な活用」では、衛星測位技術、情報通信技術（以下、「ICT」という。）や計測技術の急速な発展を踏まえて、調査・測量、設計、施工から維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスに 3 次元データを一貫して利用することが目標に掲げられている。その一環として、平成 28 年度 4 月には 15 の新基準が国土交通省直轄事業に導入されている。これらの基準により、建設現場では、事業横断的な 3 次元データの流通やロボット技術等の導入が促進されて大幅に生産性を向上することが期待される。

これまでの道路や河川工事では、光波測距方式の測量機器である Total Station（以下、「TS」という。）を用いて施工した構造物の横断形状を計測し（図 1）、設計図と比較して検査する出来形管理手法が一般化されている。一方、新基準は、Unmanned Aerial Vehicle（以下、「UAV」という。）による空中写真測量、Laser Scanner（以下、「LS」という。）による 3 次元点群データの測量、3 次元点群データを用いた出来形管理および工事検査の要求精度や手順等を規定している。この新基準の策定により、従来の 2 次元ベースの比較だけではなく、UAV や LS で取得した 3 次元点群データによる 3 次元モデル（図 2）の形状比較の出来形管理が可能となった。

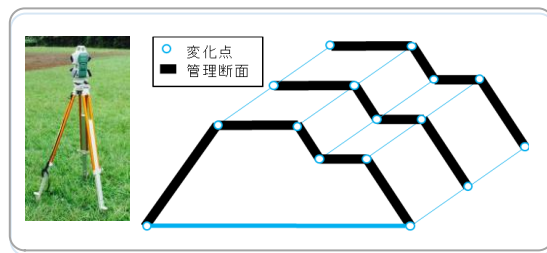


図1 TSによる出来形計測

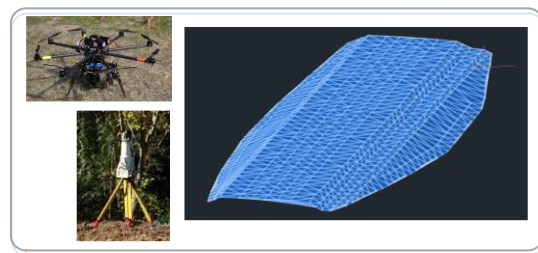


図2 UAV・LSによる出来形計測

建設生産プロセスの施工フェーズでは、i-Construction 以前から 3 次元データの活用に着目し、電子計算機やセンサを搭載した建設機械（以下、「ICT 建機」という。）と 3 次元データとを用いた情報化施工に取り組んでおり、多くの工事で導入されている。その一例としては、油圧ショベルを用いた掘削や法面整形工、ブルドーザによる掘削や敷均し工において、建設機械のブレード刃先等に衛星測位の位置センサを取り付け、その動作軌跡と設計データとの形状比較によって、施工の自動化およびオペレータの操作支援を実現するマシンコントロール／マシンガイダンス（以下、「MC/MG」という。）が挙げられる。この MC/MG の ICT 建機を用いて施工すると、3 次元の位置座標やタイムスタンプ等で構成された動作軌跡（以下、「施工履歴データ」という。）を取得できる。そのため、施工履歴データから時系列に施工状況を再現できると、出来高数量算出の効率化、さらには出来形管理の測量が不要になる効果が期待できる。新基準では、施工履歴データの特長を活かした「施工履歴データによる土工の出来高算出要領」が策定されているが、出来形管理には適用されていない。その理由について調査したところ、出来形管理では UAV や LS 等の計測技術を用いて施工した構造物を計測することを前提としており、施工履歴データを用いることは想定されていないことが判明した。

i-Construction では、調査・測量から設計、施工、維持管理までの建設生産プロセスにおける ICT の全面的な活用が掲げられている。しかし、15 の新基準では、調査・測量、設計、施工とその検査までしか対象に含まれておらず、3 次元点群データおよび施工履歴データの維持管理における具体的な活用方策は示されていない。施工履歴データの適用に際しては、施工履歴データから出来形管理に利用できる 3 次元モデルの生成手法を確立した上で、出来形管理の要求精度を充たせるかを解明する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、道路舗装工の出来形管理に着目し、舗装の ICT 施工で取得した施工履歴データの出来形管理への適用可能性を明らかにすることを目的とした。舗装の出来形管理のイメージを図 3 に示す。道路工事の最終工程にあたる舗装の出来形管理では、基準高および幅の出来形はトータルステーションを用いて計測している。厚さの出来形は掘り起こして計測している。その計測結果の出来形値と設計値（以下、「設計データ」

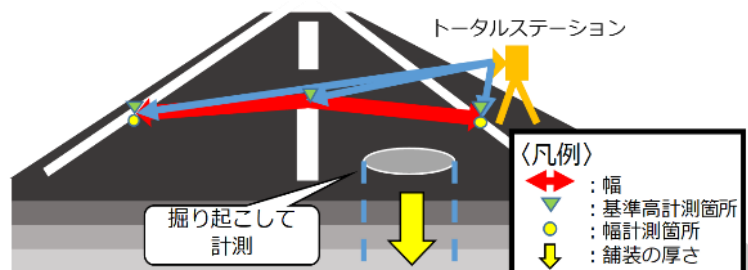


図3 舗装の出来形管理のイメージ

という.) とを比較し、寸法(基準高, 厚さおよび幅)が規格値内に収まっているかを検査する. この出来形計測点をログデータの3次元座標から抽出し, 出来形管理に適用できると, MC・MG を用いた施工における省力化が期待できる.

### 3. 研究の方法

まず, 舗装工事で使用されている ICT 建機の特徴および記録されているログデータの項目と, その内容を調査した. 表1 は ICT 建機の特徴を示しており, 情報化施工に対応した車載器や各種センサを搭載し, ログデータを取得しているものが多い. 表2 は, ログデータ的具体例を示しており, X, Y, Z 座標値およびその取得時刻等が記録されている. 座標値の取得間隔や精度は ICT 建機によって異なる. オペレータは, 施工実施前に, GPS 受信機の地表面からの高さや機械の前後左右の位置等を設定し, 入力している.

次に, これらの ICT 建機の施工履歴データを用いた具体的な出来形管理手法を検討した. 考案した出来形管理手法を図4 に示す. 本手法は, 表層工以下の基層工や路盤工の出来形も対象とする. ログデータから抽出した座標値には, ICT 建機の通信状況や地表面の段差によってノイズとなる異常値が含まれている. そのため, 施工ログデータに記載される「GPS 精度」を用いたフィルタリングによりノイズを削除する. 舗装ログデータの処理手順を図5 に示す. ログデータの処理後, 完成形状の3次元モデルを生成する. 舗装工では, 厚さおよび幅員の出来形を管理する. これらを算出するには舗装面の境界や中心線が必要になる. 境界線は, 動的輪郭法を用いて生成する. 中心線は, 地表面の勾配の傾き変化点を中心点として結び生成する. その後, TIN を生成させて3次元出来形データとする. TIN により生成した3次元モデルを図6 に示す. 出来形計測点の選定では, 3次元出来形データを用いて, 縦断方向の任意の箇所を指定して横断測線を生成し, 横断測線と境界点との交点を出来形計測点として選定する. 最後に, 出来形計測点と, 設計データとを照合し, 厚さおよび幅員が許容誤差内に収まっているかを検査する.

表1 各種建設機械の特性

使用機械	適用工種	特性等	施工速度
ブルドーザ	路床工, 路盤工	ｸｰﾗ式 数均し	1~11km/h程度
モーターグレーダ	路床工, 路盤工	ﾀｲﾁ走行式 数均し	3~21km/h程度
ロードローラ	路床工, 路盤工, 舗装工	3輪式鉄輪 締固め	2~11km/h程度
タイヤローラ	路床工, 路盤工, 舗装工	ﾀｲﾁの車輪 締固め	3~11km/h程度
アスファルトフィニッシャ	アスファルト舗装工	ｸｰﾗ式 As数均し	0.1~1km/h程度
コンクリートフィニッシャ	コンクリート舗装工	ｸｰﾗ式 Co数均し	0.1~1km/h程度
スリップフォームペーバ	縁石, 水路等	Co数均し 型枠不要	0.1~1km/h程度

表2 ログデータの項目内容

時刻 (JST)	GPS 精度	衛星 数	HDOP	GPS 状態	前後 位置 状態	X座標	Y座標	Z座標	GVV 反力 値	GVV 変動 数	起振 状態	温度 使用 有無	温度 有効 無効 ﾌﾗｸﾞ	数値 温度	TS 道 層 モード	反力 使用 有無	地盤 反力 使用 有無
155215	5	12	0.8	3	1	-1235.645	83289.399	395.484	-1	-1	0	1	1	26	-1	0	0
155216	5	12	0.8	3	1	-1237.754	83290.363	395.459	-1	-1	0	1	1	26	-1	0	0
155217	5	12	0.8	3	1	-1239.793	83291.312	395.437	-1	-1	0	1	1	26	-1	0	0
155218	5	12	0.8	3	1	-1241.801	83292.132	395.430	-1	-1	0	1	1	26	-1	0	0
155219	5	12	0.8	3	1	-1243.714	83292.959	395.413	-1	-1	0	1	1	26	-1	0	0
155220	5	12	0.8	3	1	-1245.782	83293.801	395.329	-1	-1	0	1	1	27	-1	0	0
155221	5	12	0.8	3	1	-1247.770	83294.647	395.290	-1	-1	0	1	1	28	-1	0	0
155222	5	12	0.8	3	1	-1249.635	83295.483	395.235	-1	-1	0	1	1	29	-1	0	0
155223	5	12	0.8	3	1	-1250.810	83295.898	395.229	-1	-1	0	1	1	30	-1	0	0
155224	5	12	0.8	3	1	-1251.097	83296.023	395.228	-1	-1	0	1	1	30	-1	0	0
155225	5	12	0.8	3	1	-1250.510	83295.774	395.233	-1	-1	0	1	1	31	-1	0	0

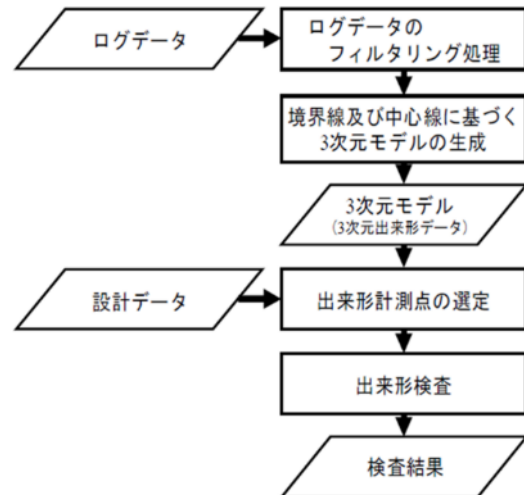


図4 考案した出来形管理手法

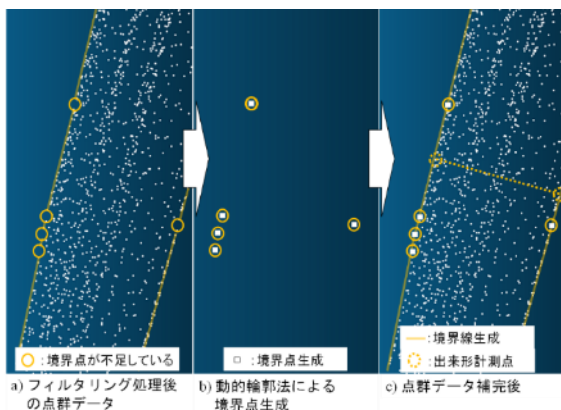


図5 舗装ログデータの処理手順

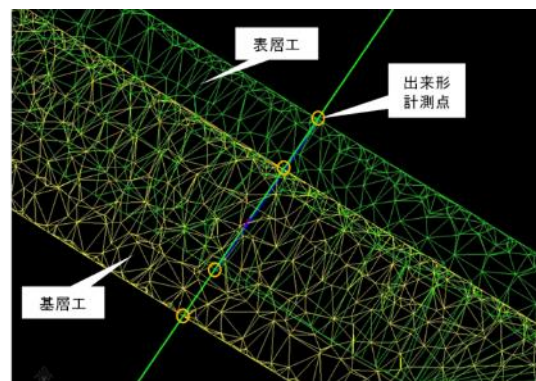


図6 TINにより生成した3次元モデル（2層分）



#### 4. 研究成果

はじめに、ICT 建機の施工履歴データの有効活用を図る支援方策として、施工履歴データの出来形管理への適用可能性を検証した。具体的には、施工履歴データを用いた 3 次元モデルの生成手法および出来形管理手法を考案し、試作した舗装 3 次元モデルと設計データとの舗装厚さおよび幅員を比較検証するとともに、試験施工（図 7、図 8）を実施して、その実測値と照合分析することで、その有用性を確認した。厚さの照合結果を表 3、幅員の照合結果を表 4 に示す。具体的には、路床面の施工後、両端に高さ 25cm の固定式の金属製型枠を設置し、鉄ピンを打込んで固定した。その内側に MC 対応ブルドーザで碎石を敷均し、転圧して各層を仕上げた。計測点は延長方向 2m 毎に設定し、厚さと幅員を計測した。厚さの計測は両側の型枠の天端に水系を張り、スケールで各仕上がり面（路床～3 層目）までの深さを測定し、その深さの差を各層の厚さの実測値（正解値）として採用した。結果として、施工履歴データから工事的目的物の 3 次元モデル（3 次元出来形データ）を生成できることを明らかにできたとともに、施工履歴データを用いた出来形管理手法の確立に向けての実現性を示唆する知見を得ることができた。一方、施工履歴データを用いた出来形管理の精度を実用的なレベルで確保するには、現状の RTK-GNSS による転圧管理システムから取得できるログデータの精度に課題が残った。具体的には、幅員の誤差、高さ補正値の誤差、RTK-GNSS の測位誤差がログデータの精度に大きな影響を及ぼしていることがわかった。

そこで、これらの誤差の影響を低減するためにログデータの補正処理手法を検討し、出来形管理手法を改良（図 9）した。具体的には、RTK-GNSS の測位誤差や受信機の設置位置のずれ等による誤差を解消するために、起点と終点での実測値に合せてログデータ全体をキャリブレーション（図 10）する。次に、設計データに基づいた設計 3 次元モデルを作成する。そして、調整した出来形 3 次元データと重畳させ、面データを照合した後に出来形計測点を選定し検査をする。キャリブレーション後の出来形 3 次元データを図 11、設計データおよび出来形 3 次元データの重畳結果を図 12、キャリブレーション後の厚さの照合結果を表 5、幅員の照合結果を表 6 に示す。キャリブレーション前の計測結果と比較すると、厚さは多少ばらつきがあるものの最大で 20mm 程度に納まっており、その標準偏差はキャリブレーション前より改善されていることがわかった。また、平均値は 5mm 以内であり、精度向上

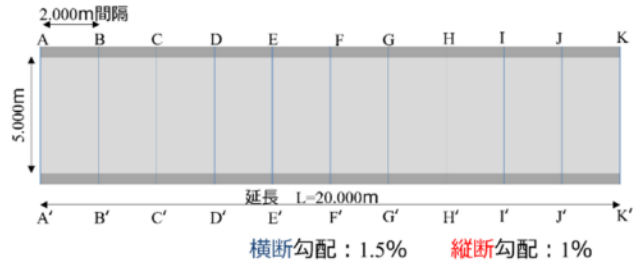


図 7 試験施工平面図

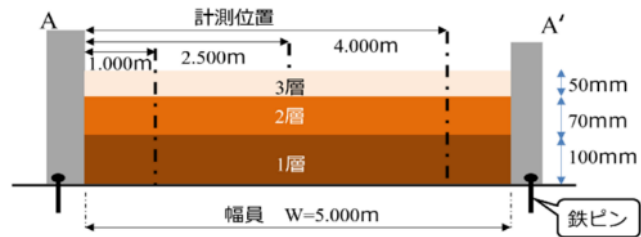


図 8 試験施工断面図

表 3 厚さ計測結果（単位：mm）

計測断面	A   A'	B   B'	C   C'	D   D'	E   E'	F   F'	G   G'	H   H'	I   I'	J   J'	K   K'	平均値	標準偏差
1層目	-17	-21	-15	9	-10	0	-1	-2	6	-12	-4	-6	9.15
2層目	18	27	8	7	12	9	12	14	16	13	13	13	5.42
3層目	-1	5	18	8	11	-1	10	-3	19	12	1	7	7.19

表 4 幅員計測結果（単位：mm）

工種	測点	計測値			実測値 (巻き尺)	差	備考 使用機械
		ログデータ による 計測値	機械幅	本手法の 計測値			
1層目	(A~J)平均	2,518	2,275	4,793	5,082	-289	TZ701改
2層目	(A~J)平均	2,580	2,275	4,855	5,082	-227	TZ701改
3層目	(A~J)平均	2,611	2,275	4,886	5,082	-196	TZ701改

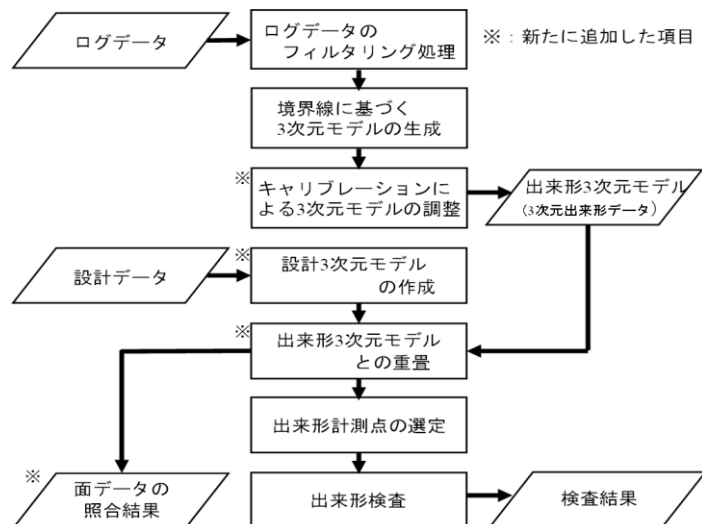


図 9 改良した舗装工の出来形管理手法

を確認できた。幅員は各層の平均値を算出した結果であるが、こちらもキャリブレーション前と比較して大幅な精度の改善が見られた。このように、厚さ、幅員ともに高い精度が得られたことから、施工履歴データの出来形管理への適用の実用化に向けて一歩近づいた。結果として、簡易な計測データから出来形管理に適用可能な3次元モデルを生成する手法を確立できた。また、本手法のケーススタディとして、3次元モデルを用いて実務で利用される2次元図面や出来形管理データを補正することで、施工段階や維持管理段階における本手法の活用具体例を示すとともに、その有用性を確認できた。さらに、本検討を通じて、3次元出来形計測データの可視化手法の確立に繋がる成果として、点群データおよび3次元モデルの可視化に関する具体的な仕様を整理することができた。

本研究の学術的な特色・独創性は、一過性かつ一部の利用に留まっていた施工履歴データに着目した点にある。i-Constructionの施策推進と新基準の導入によって、3次元形状の計測およびMC/MG等の情報化施工の導入が活発化し、点群データや施工履歴データの流通が飛躍的に進むことが予想される。i-Construction以前の

情報化施工も含むと既に大量に施工履歴データ等の既存資産が蓄積されている。その既存資産の最大活用と維持管理段階での活用拡大を図ることで、「ICTの全面的な活用」による建設生産プロセスの全体最適化の早期実現に繋がる。出来形管理に施工履歴データを適用できると、ICT建機で施工履歴データを取得

した工事ではTS、UAVやLSによる構造物の計測の省力化が実現する。その結果、MC/MGの導入による発現効果も大きくなり、出来形管理における3次元点群データの活用にも寄与する。また、i-Constructionでは明確にされていない維持管理における3次元データの具体的な活用方策（施設台帳の更新や構造物の経年変化分析等）を示すことで、建設生産プロセスの全体最適化に大きく寄与する。

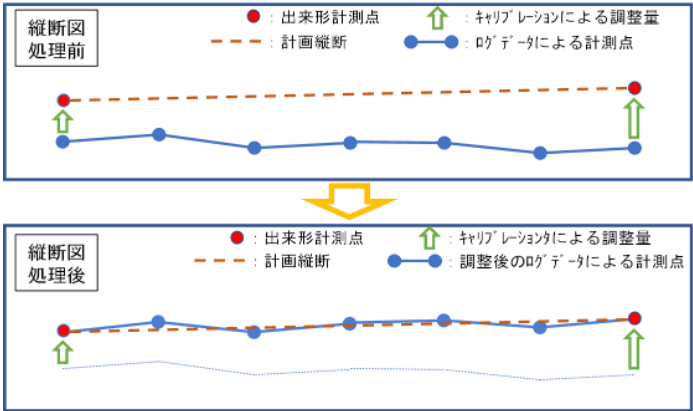


図10 ログデータのキャリブレーション

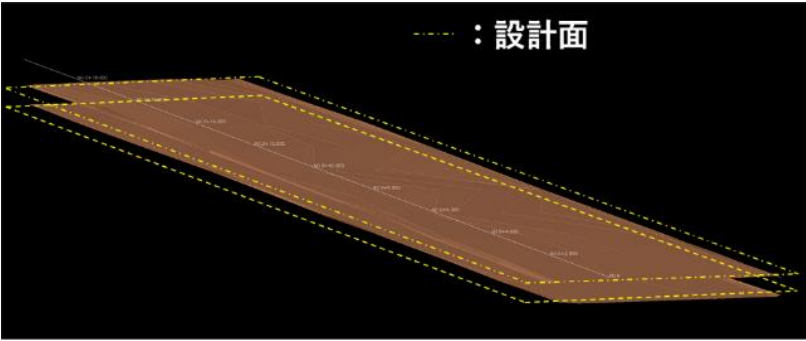


図11 キャリブレーション後の出来形3次元データ（2層分）

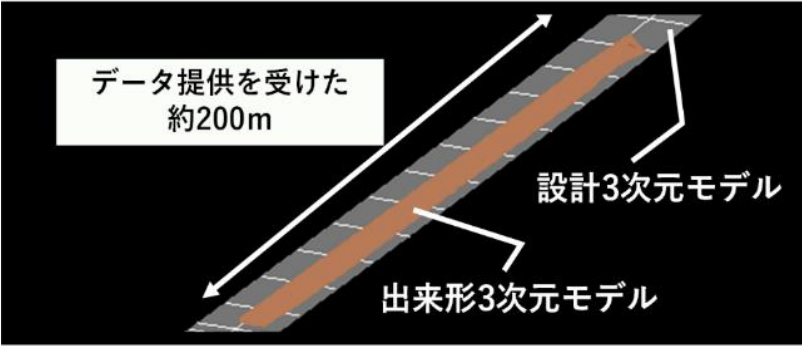


図12 設計データおよび出来形3次元データの重畳結果

表5 キャリブレーション後の厚さ計測結果（単位：mm）

計測断面 工種	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値	標準偏差
	A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'	H'	I'	J'	K'		
1層目	0	-6	-1	21	1	10	8	6	12	-7	0	4	7.95
2層目	0	10	-8	-8	-2	-4	0	3	6	4	0	0	5.30
3層目	0	5	17	7	9	-4	7	-7	15	7	0	5	7.05

表6 キャリブレーション後の幅員計測結果（単位：mm）

工種	測点	計測値			実測値 (巻き尺)	差	備考 使用機械
		既存手法 の計測値	調整量	調整後の 計測値			
1層目	(A~J)平均	4,793	+302	5,095	5,082	+13	TZ701改
2層目	(A~J)平均	4,855	+218	5,073	5,082	-9	TZ701改
3層目	(A~J)平均	4,886	+205	5,091	5,082	+9	TZ701改

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 OKAMOTO Takeshi、IMAI Ryuichi、NIINA Yasuhito、KAKOGAWA Nao	4. 巻 74
2. 論文標題 A STUDY ON THE CORRECTION OF TWO-DIMENSIONAL DRAWINGS OF THE UNDERGROUND BURIED OBJECTS USING THREE-DIMENSIONAL MODEL BASED ON A SIMPLIFIED MEASUREMENT DATA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. F3 (Civil Engineering Informatics)	6. 最初と最後の頁 I_59 ~ I_69
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.2208/jscejcei.74.I_59">https://doi.org/10.2208/jscejcei.74.I_59</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡本健、新名恭仁、高橋恭子、今井龍一	4. 巻 Vol.43
2. 論文標題 簡易計測データに基づく三次元モデルを用いた地下埋設物の二次元図面補正に関する一考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木情報学シンポジウム講演集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 IMAI Ryuichi、TANIGUCHI Hisatoshi、MATSUURA Genzaburo	4. 巻 73
2. 論文標題 AS-BUILT MANAGEMENT USING THE EXECUTION HISTORY OF CONSTRUCTION MACHINES IN PAVEMENT CONSTRUCTION	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. F3 (Civil Engineering Informatics)	6. 最初と最後の頁 I_416 ~ I_423
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.2208/jscejcei.73.I_416">https://doi.org/10.2208/jscejcei.73.I_416</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松浦 弦三郎、今井 龍一、谷口 寿俊	4. 巻 Vol.42
2. 論文標題 舗装工事における建設機械の施工履歴を用いた3次元モデルの生成・活用に関する考察	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木情報学シンポジウム講演集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1．著者名 MATSUURA Genzaburo、IMAI Ryuichi、TANIGUCHI Hisatoshi	4．巻 75
2．論文標題 AS-BUILT MANAGEMENT METHOD USING THE EXECUTION HISTORY OF CONSTRUCTION EQUIPMENT FOR EXCAVATION / PAVEMENT CONSTRUCTION WORKS ON ROADS	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. F3 (Civil Engineering Informatics)	6．最初と最後の頁 11_17～11_24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.2208/jscejcei.75.2_11_17">https://doi.org/10.2208/jscejcei.75.2_11_17</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1．著者名 松浦弦三郎、今井龍一、谷口寿俊	4．巻 Vol.44
2．論文標題 舗装工事における建設機械の施工履歴を用いた3次元モデルの生成手法の精度検証	5．発行年 2019年
3．雑誌名 土木情報学シンポジウム講演集	6．最初と最後の頁 CD-ROM
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1．発表者名 飯田悠聖、松浦弦三郎、今井龍一、櫻井淳
2．発表標題 道路舗装の施工履歴を用いた出来形管理の補正に関する一考案
3．学会等名 第46回土木学会関東支部技術研究発表会
4．発表年 2018年～2019年

1．発表者名 加古川尚、今井龍一、岡本健
2．発表標題 二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件に関する一考察
3．学会等名 第46回土木学会関東支部技術研究発表会
4．発表年 2018年～2019年



1．発表者名 岡本健，新名恭仁，高橋恭子，今井龍一
2．発表標題 簡易計測データに基づく三次元モデルを用いた地下埋設物の二次元図面補正に関する一考察
3．学会等名 第43回土木情報学シンポジウム
4．発表年 2018年～2019年

1．発表者名 岡本健，新名恭仁，高橋恭子，今井龍一
2．発表標題 簡易計測データを元にした地下埋設物の三次元モデルの精度検証
3．学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4．発表年 2018年～2019年

1．発表者名 Okamoto, T., Nina, Y., Imai, R.
2．発表標題 Consideration for Supporting Creation of 3-D model of Underground Structure
3．学会等名 Civil Engineering Conference in The Asian Region CECAR 8 (国際学会)
4．発表年 2019年～2020年

1．発表者名 松浦 弦三郎、今井 龍一、谷口 寿俊
2．発表標題 舗装工事における建設機械の施工履歴を用いた3次元モデルの生成・活用に関する考察
3．学会等名 土木学会 第42回土木情報学シンポジウム
4．発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Genzaburo, M., Ryuichi, I., Hisatoshi, T.
2. 発表標題 Basic Study of As-built Management using the Execution History of Construction Machines in Pavement Construction
3. 学会等名 Civil Engineering Conference in The Asian Region CECAR 8 (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	谷口 寿俊  (TANIGUCHI HISATOSHI)  (10648611)	九州大学・工学研究院・助教    (17102)	
研究 分担者	塚田 義典  (TSUKADA YOSHINORI)  (50622643)	摂南大学・経営学部・講師    (34428)	
研究 分担者	窪田 諭  (KUBOTA SATOSHI)  (60527430)	関西大学・環境都市工学部・教授    (34416)	
研究 分担者	中村 健二  (NAKAMURA KENJI)  (70556969)	大阪経済大学・情報社会学部・教授    (34404)	